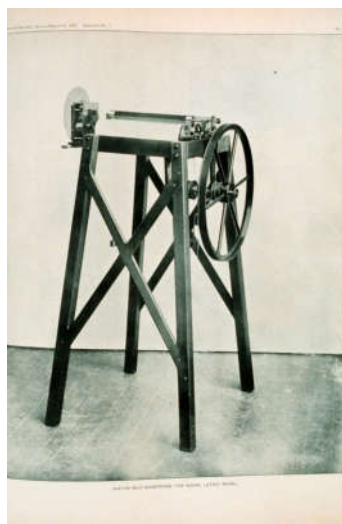


# Morska gladina

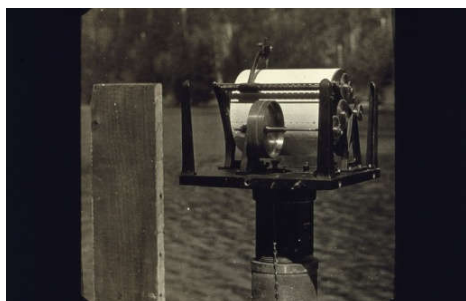
- Časovne in prostorske spremembe morske gladine.
- V daljših časovnih obdobjih lahko obravnavamo morsko gladino kot ekvipotencialno ploskev.
- Kratkoročne (periodične) spremembe povzročajo plimovanje.
  
- Srednja morska gladina:
  - Morske plimske amplitude in višine točk na kopnem so definirane glede na **srednjo morsko gladino**.
  - Velike razlike obstajajo med srednjo morsko gladino na odprtem morju ter v plitvih morjih ob obalah.
  
- **Mareograf** ("tide gauge", "der Pegelstation") naprava za registracijo srednje morske gladine.

## Mareografi (1)

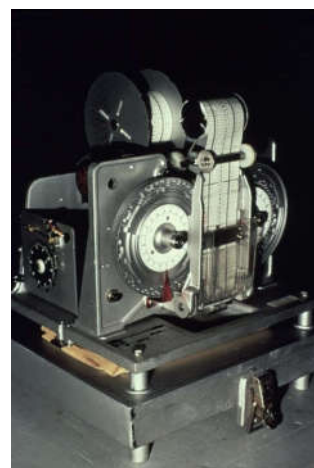
- Konstrukcije:
  - mehanski,
  - tlačni,
  - akustični,
  - radarski.
  
- Konstrukcija mehanskega mareografa se ni bistveno spremenila v zadnjih 100 letih.



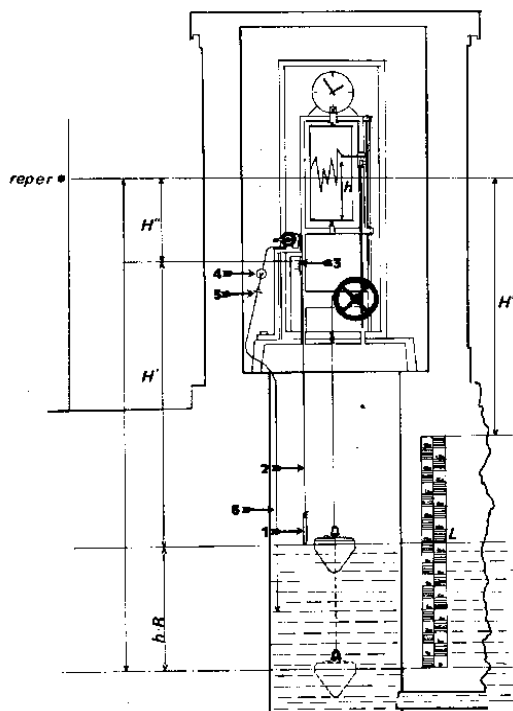
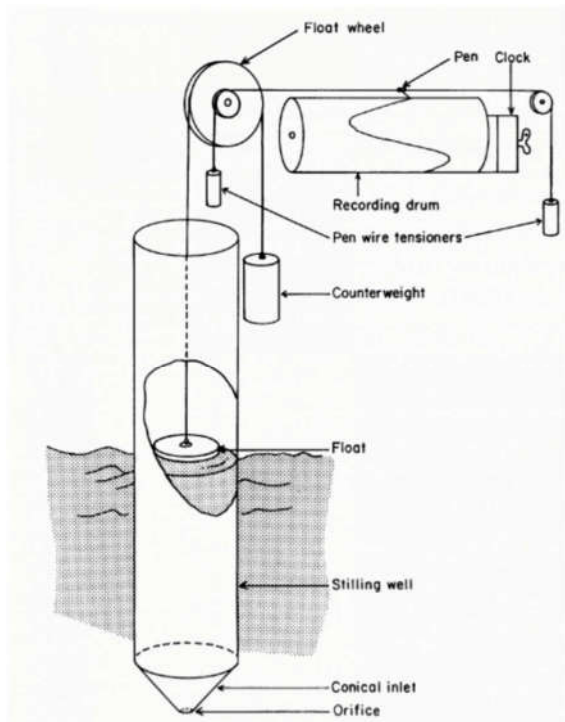
mareograf iz leta 1897



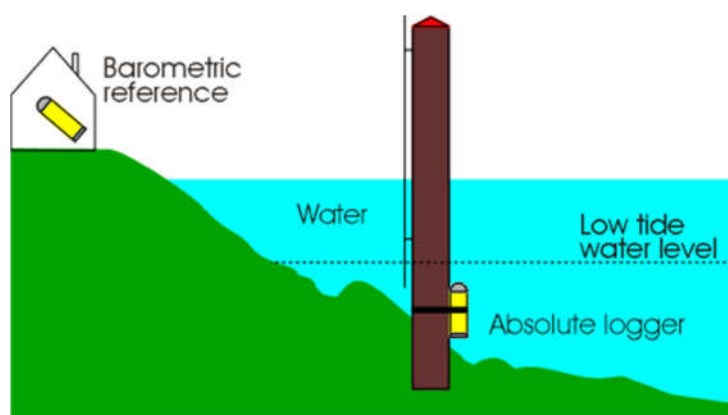
mareograf iz leta 1924



# Mehanski mareograf



## Mareografi (2)



princip delovanja tlačnega mareografa



radarski mareograf

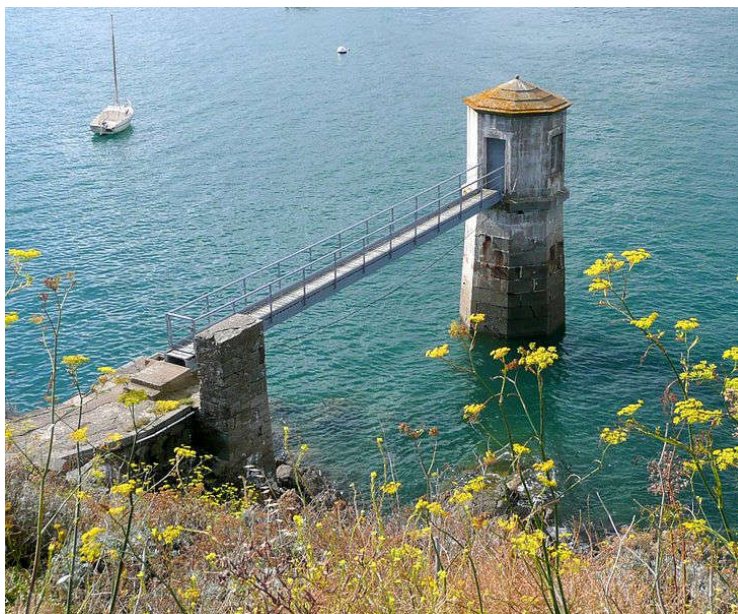
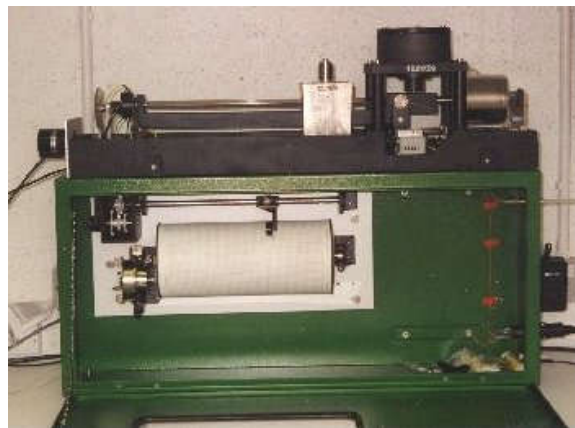
## Mareografi (3)



mareograf v Kronstadt (RU)

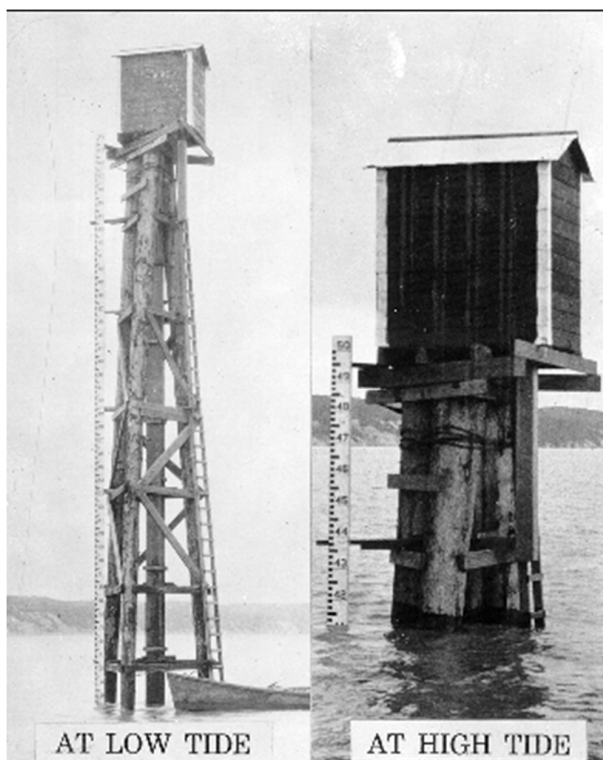
mareograf v Saint Malo (FR)

M. Kuhar - O srednji morski gladini



5

## Minimalno in maksimalno plimovanje

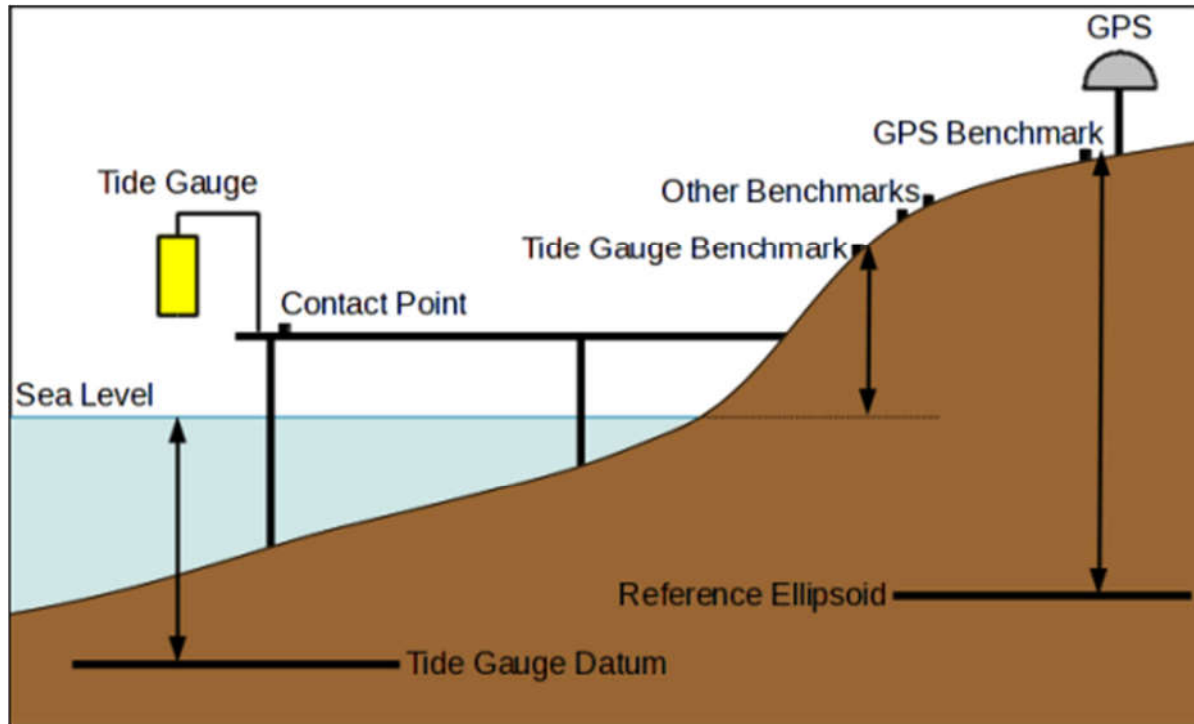


M. Kuhar - O srednji morski gladini

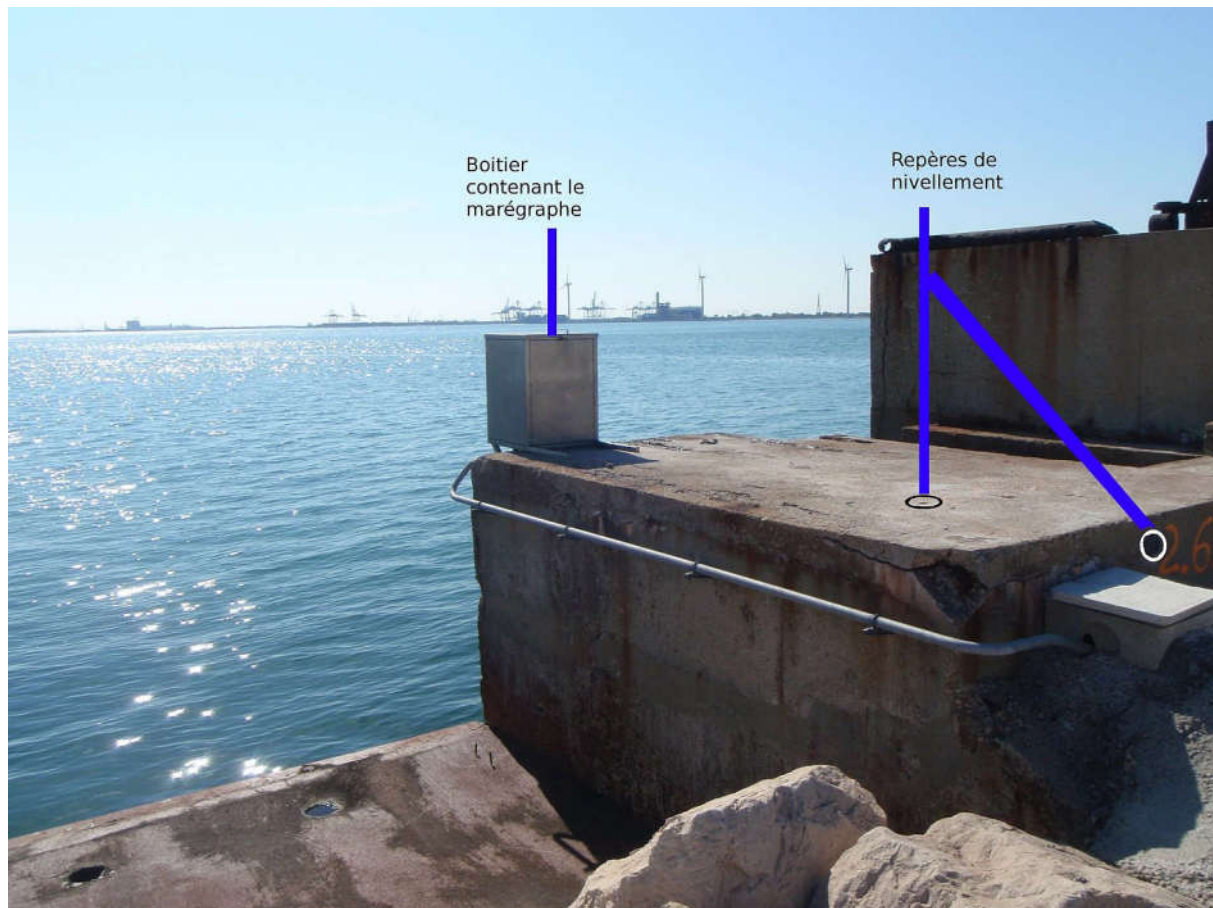
6



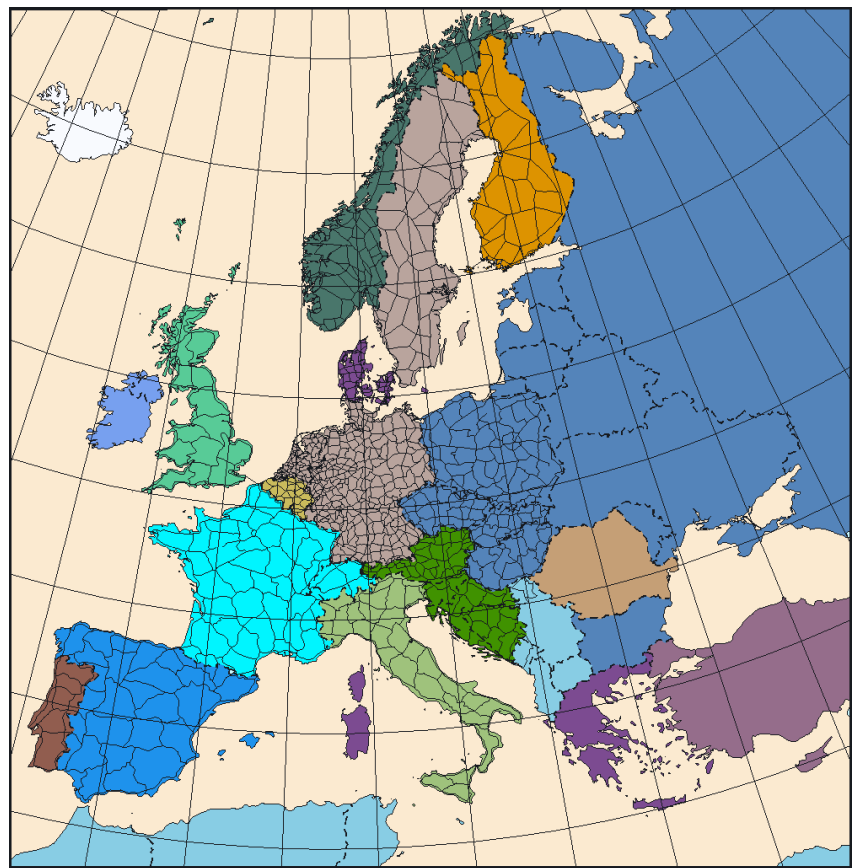
# Mareografski reper



# Mareografski reper



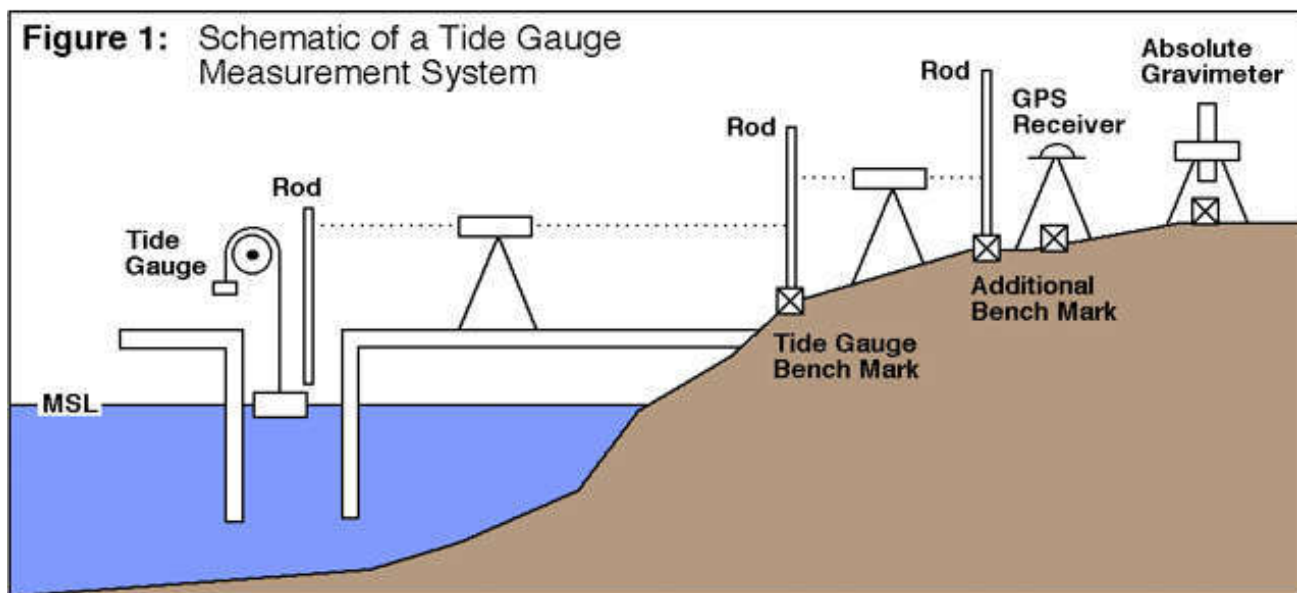
## Mareografi po Evropi



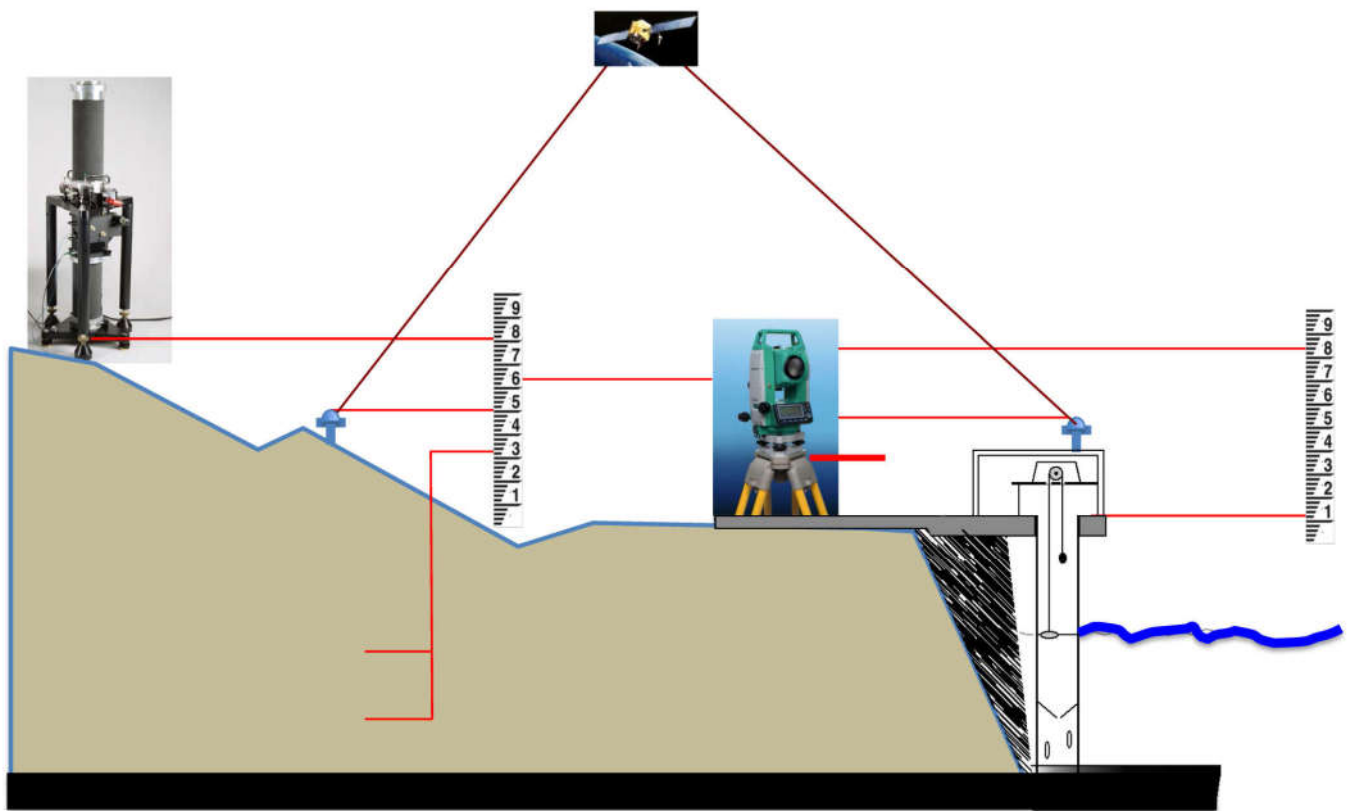
∨ UELN lines

- |   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <span style="color: blue;">■</span> Alicante  | <span style="color: brown;">■</span> Constanta | <span style="color: blue;">■</span> Malin Head | <span style="color: darkgreen;">■</span> Tregde         |
| <span style="color: grey;">■</span> Amsterdam | <span style="color: green;">■</span> Genova    | <span style="color: cyan;">■</span> Marseille  | <span style="color: darkgreen;">■</span> Trieste        |
| <span style="color: purple;">■</span> Antalya | <span style="color: orange;">■</span> Helsinki | <span style="color: green;">■</span> Newlyn    | <span style="color: lightblue;">■</span> no information |
| <span style="color: brown;">■</span> Cascais  | <span style="color: blue;">■</span> Kronstadt  | <span style="color: yellow;">■</span> Ostend   | <span style="color: purple;">■</span> other             |

## Sodobna mareografska postaja



# Sodobna mareografska postaja



M. Kuhar - O srednji morski gladini

11

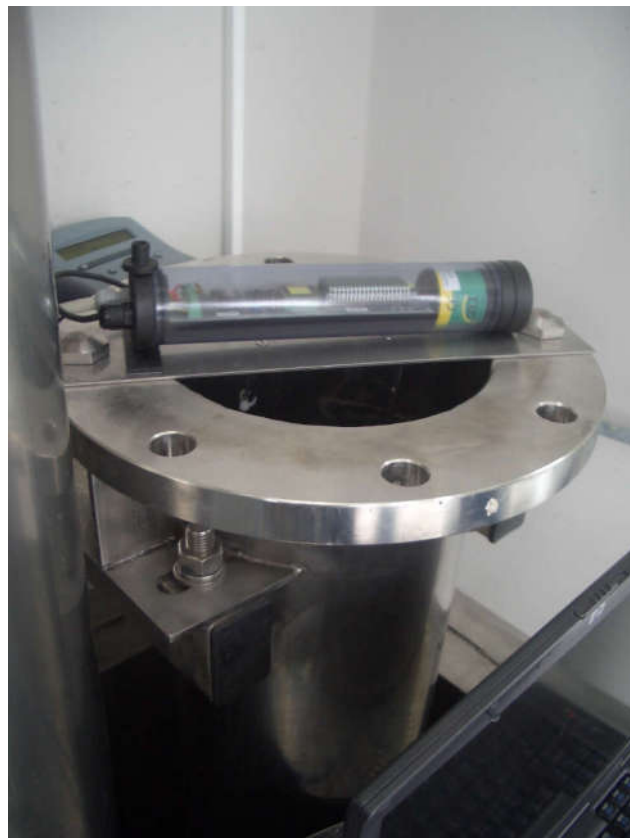
# Mareografska postaja Koper



M. Kuhar - O srednji morski gladini

12

# Mareograf Koper (2)



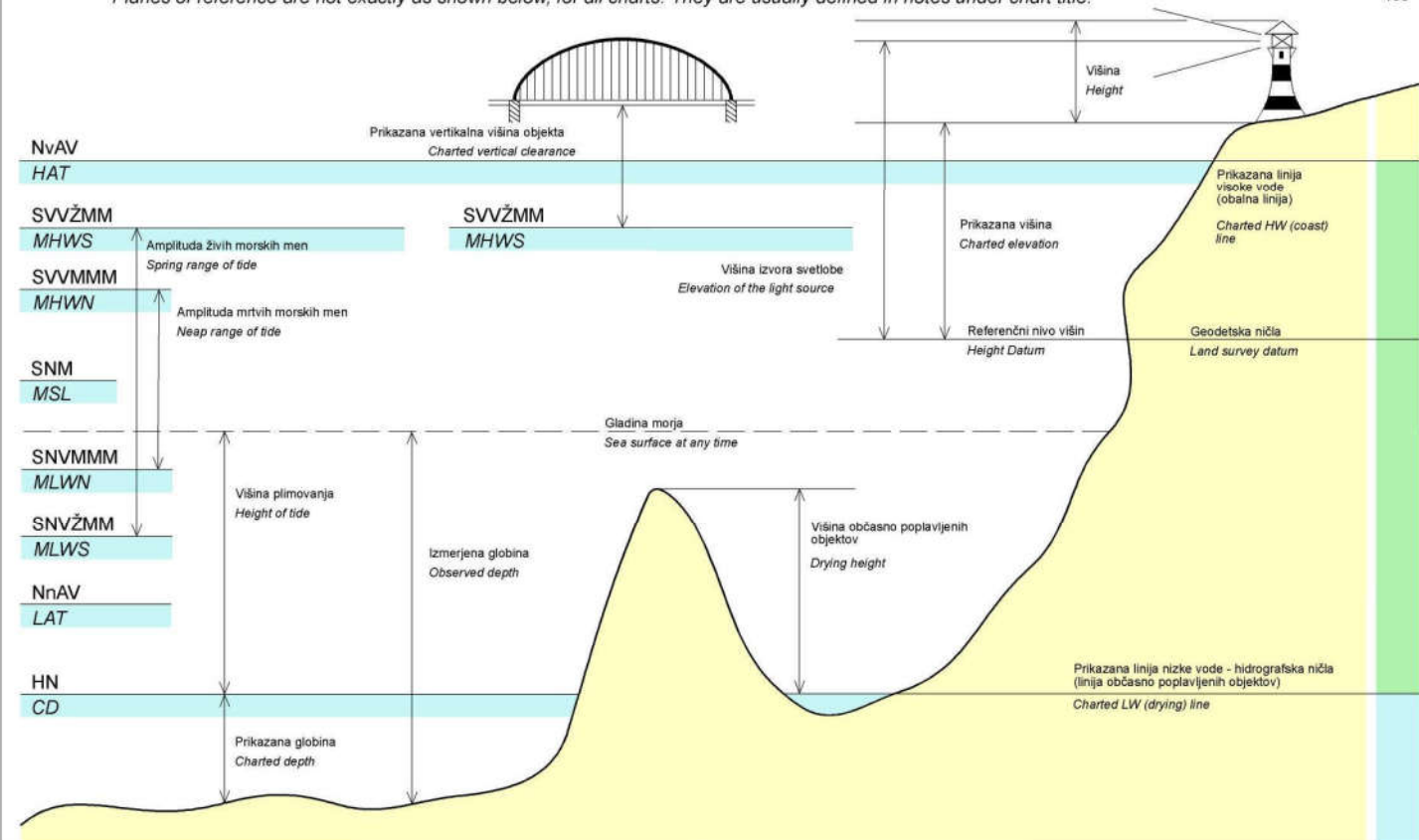
M. Kuhar - O srednji morski gladini

## Nivoji plimovanja in kartirani podatki / Tidal Levels and Charted Data

20

Referenčni nivoji niso na vseh kartah takšni, kot so prikazani spodaj. Običajno so definirani v opombah pod naslovom karte.  
 Planes of reference are not exactly as shown below, for all charts. They are usually defined in notes under chart title.

302.2  
380.1  
405

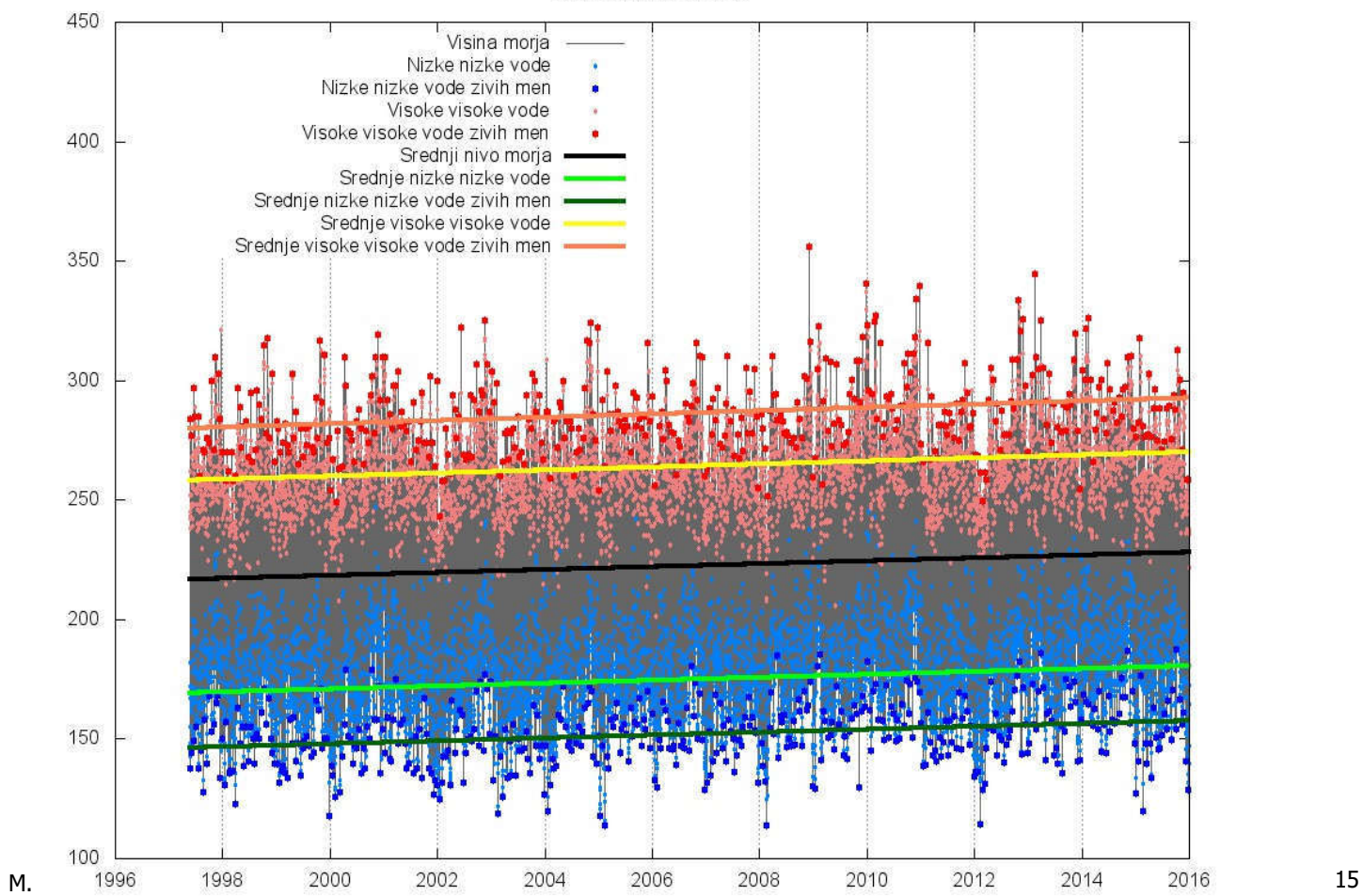


M. Kuhar - O srednji morski gladini



# Nivoji plimovanj (MP Koper)

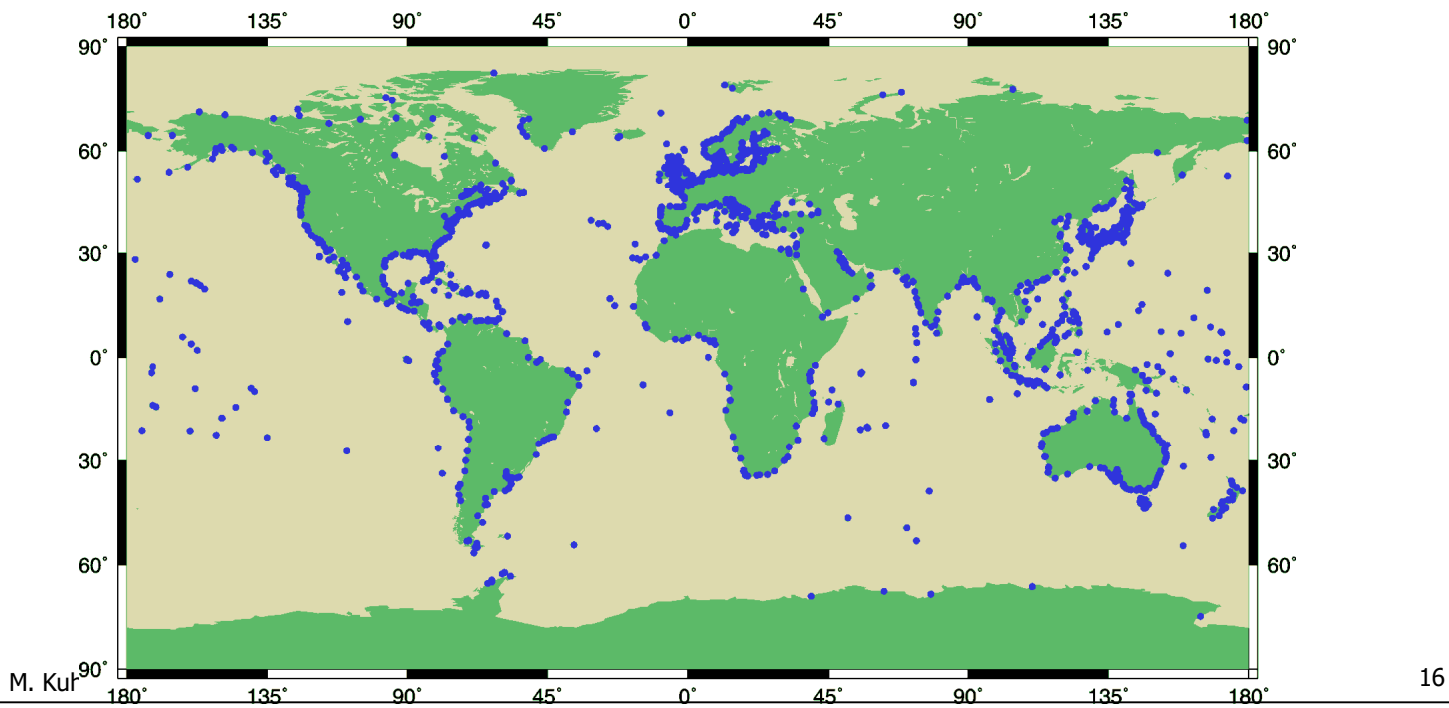
Visina morja in ekstremi



## Mednarodna služba za srednjo morsko gladino

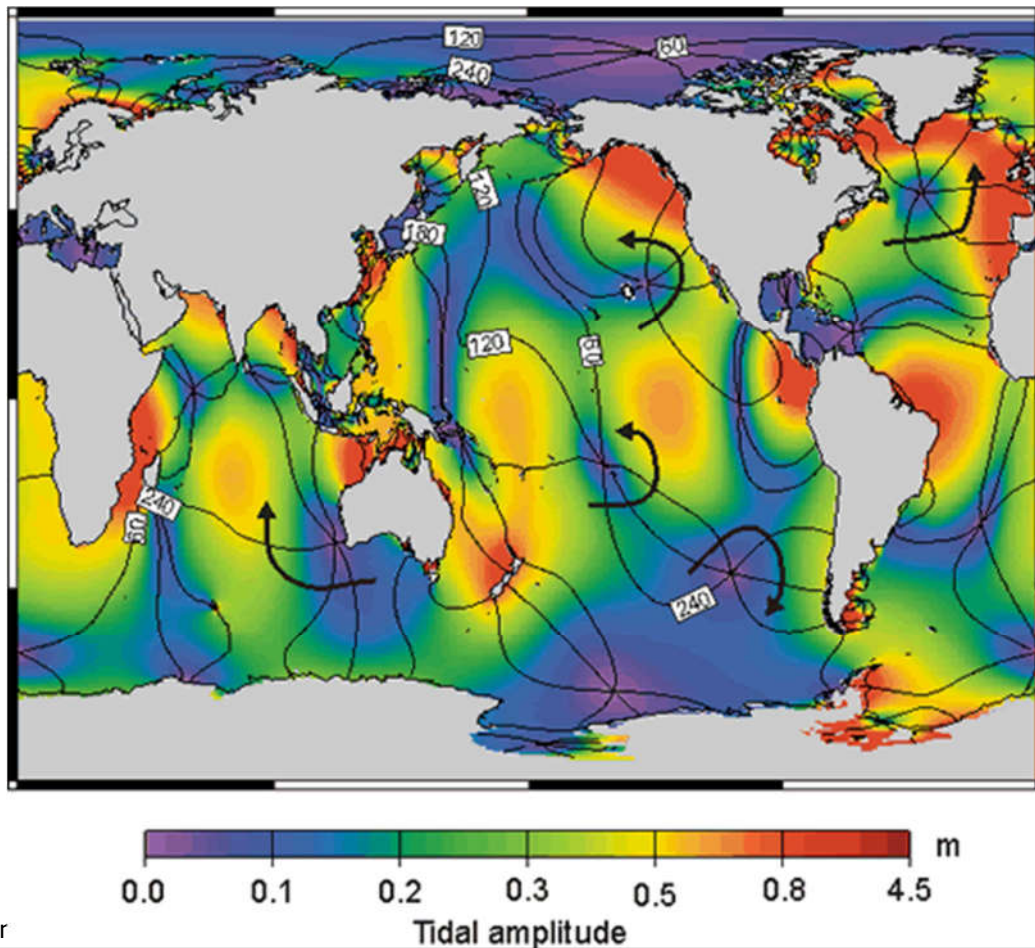
- PSMSL → Permanent Service for Mean Sea Level
  - več kot 2000 mareografov po svetu.

Distribution of PSMSL Stations





# Svetovna karta plimovanja



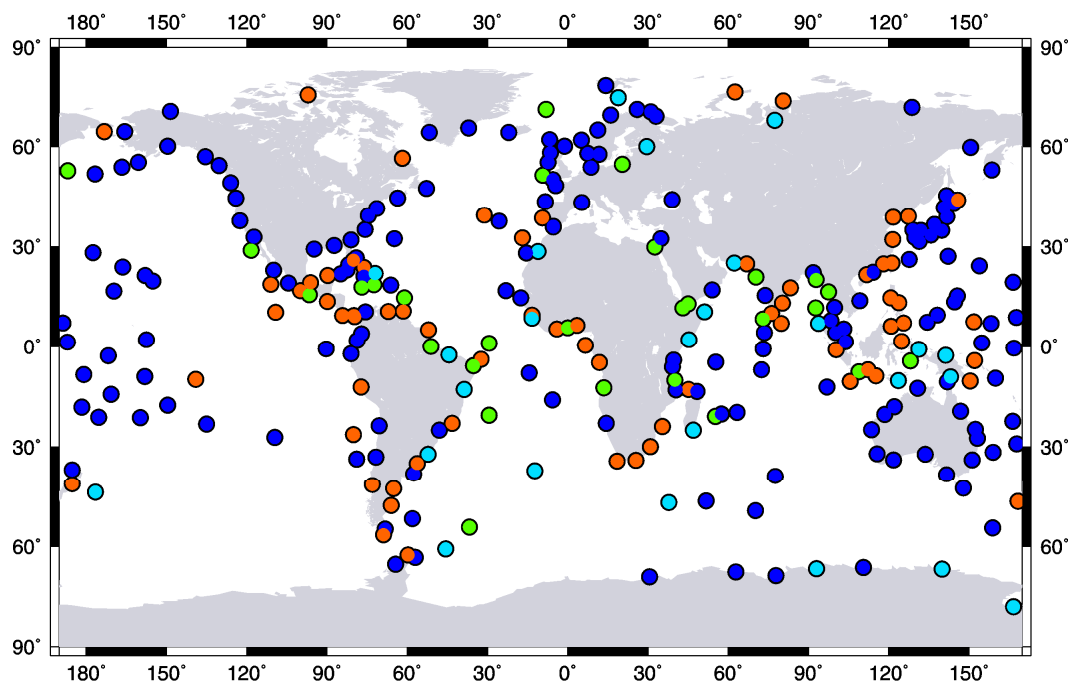
M. Kuhar - O sredr

17

## GLOSS Global Sea Level Observing System

- Kalibracija meritev satelitske altimetrije; monitoring oceanskih tokov; raziskovanje dolgoročnega trenda srednje morske gladine.

GLOSS status within the PSMSL dataset. October 2002

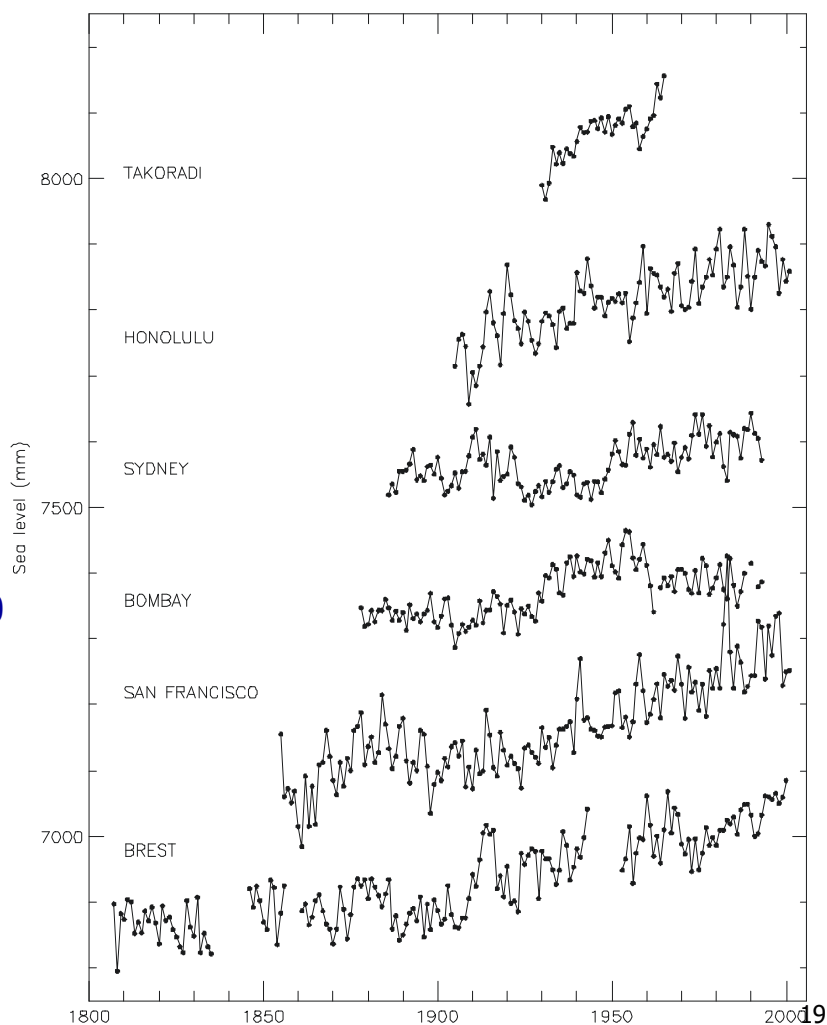


M. Kuhar - O sred

Status category: ● 1 ● 2 ● 3 ● 4

18

Rezultati zadnjih sto let kažejo na globalno zviševanje srednje morske gladine v povprečju 10-20 cm / 100 let.

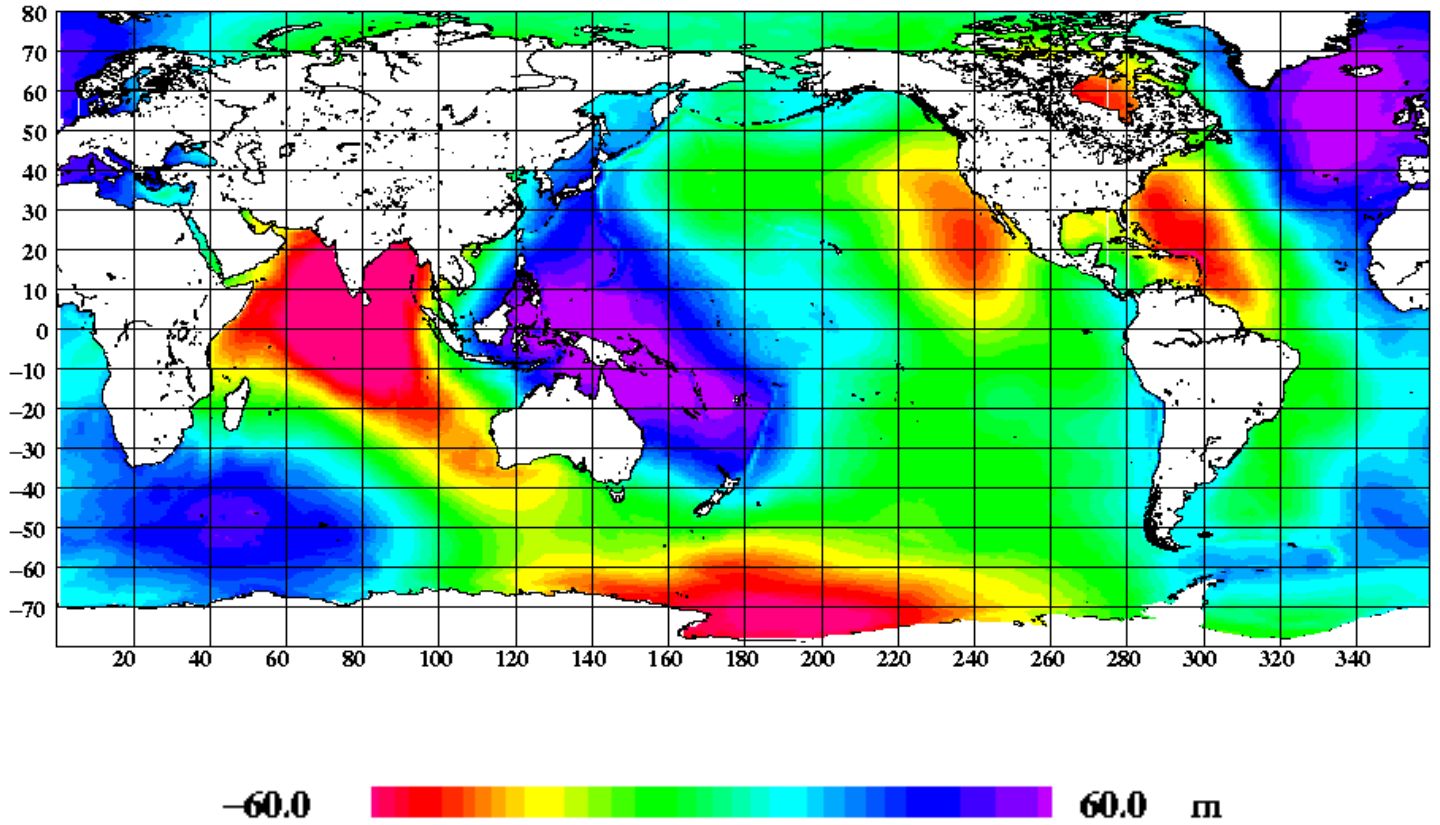


M. Kuhar - O srednji morski gladini

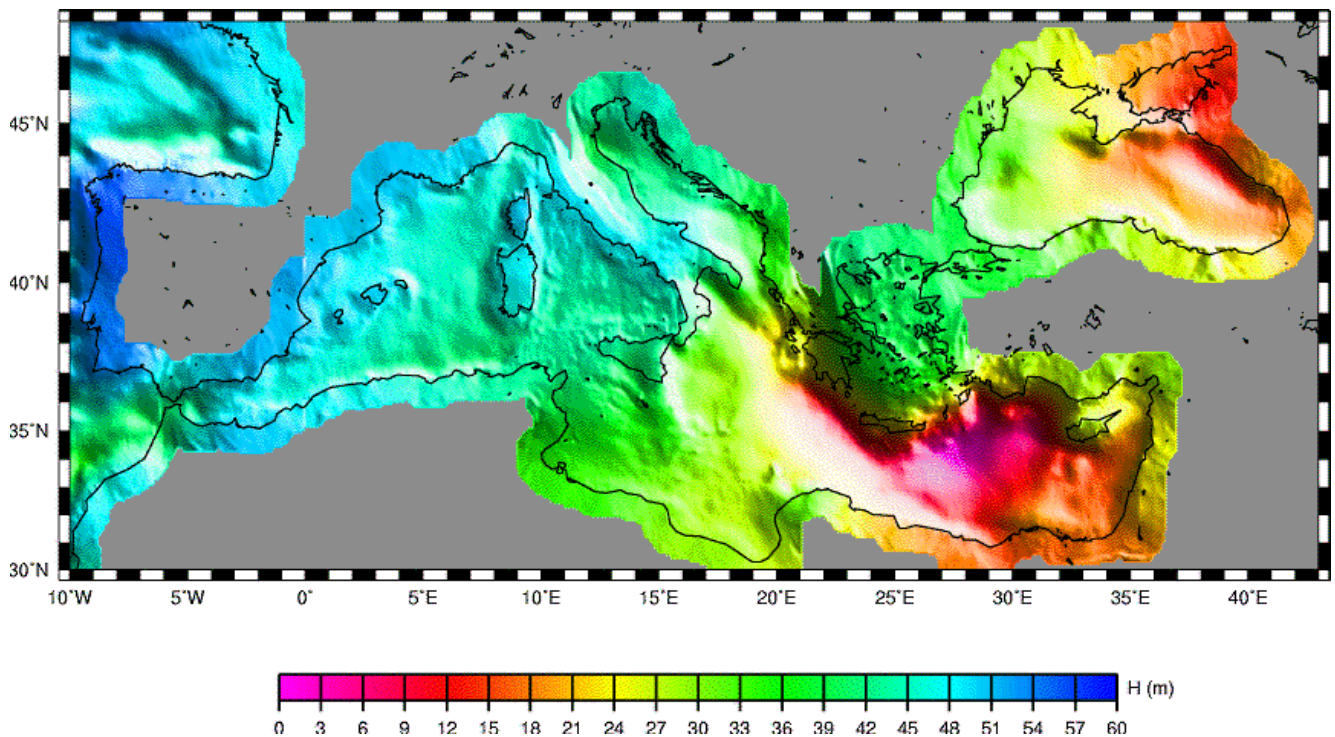
## Topografija morske gladine

- Topografije morske gladine (SST – Sea Surface Topography) so vse nepravilnosti, ki povzročajo odstopanja srednje morske gladine od ekvipotencialne ploskve.
- Topografija morske gladine se danes določa s satelitskimi meritvami – satelitska altimetrija.
- Meritve dajo trenutno morsko gladino → sea surface height SSH.
- Na vrednosti trenutne morske gladine največ vplivajo težnost, plimovanje in oceanski tokovi, manj pa veter, rotacija Zemlje itd.
- Vpliv težnosti je konstanten, vpliv plimovanja periodičen.

# DNOSC08 Mean Sea Surface

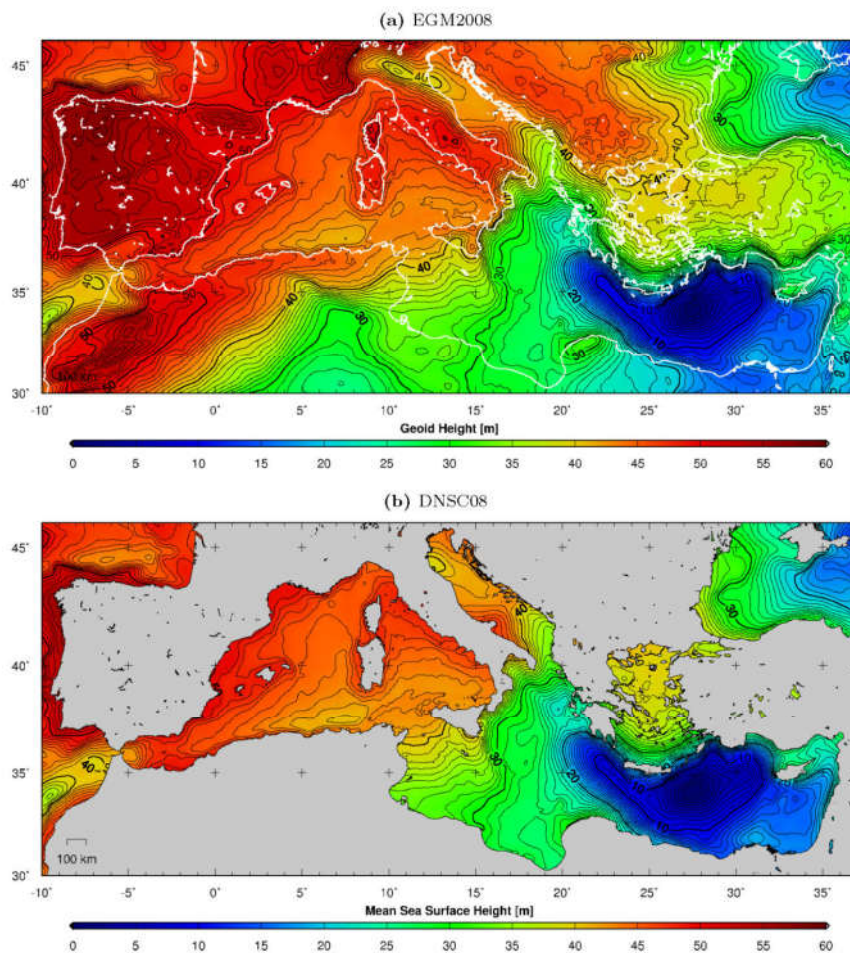


# Mean Sea Surface Heights (MSSH) Sredozemsko morje



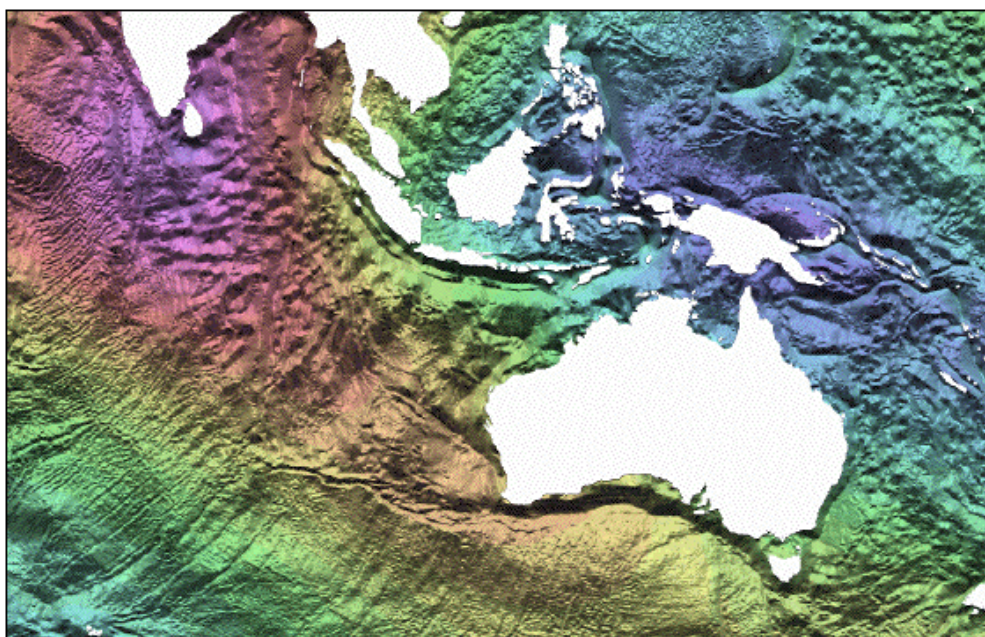


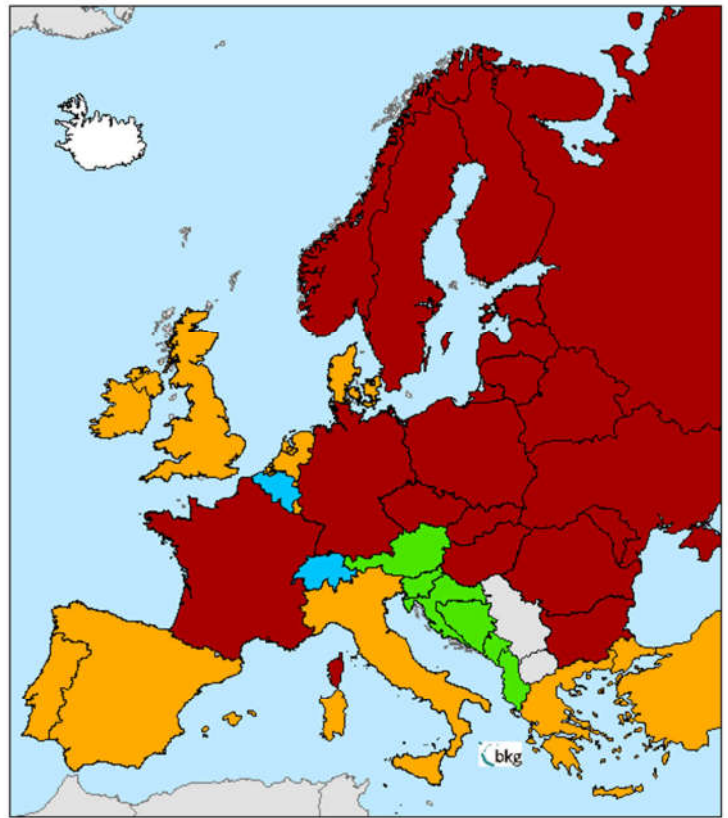
## Srednje višine morja in EGM2008 v Mediteranu



**Figure 2.3:** (a) EGM2008 geoid heights and (b) DNSC08 mean sea surface heights above the WGS84 reference ellipsoid in the Mediterranean Sea. The pronounced regional slopes of the marine geoid and the sea surface range from 50 m in the Balearic Sea in the Western Mediterranean down to 0 m in the Eastern Mediterranean. Contour intervals: 1 m.

## Srednja morska gladina okoli Avstralije





## Kind of heights

no information	orthometric heights
pur leveled heights	normal-orthometric heights
normal heights	no leveling network

M. Kuhar - O srednji morski gladini

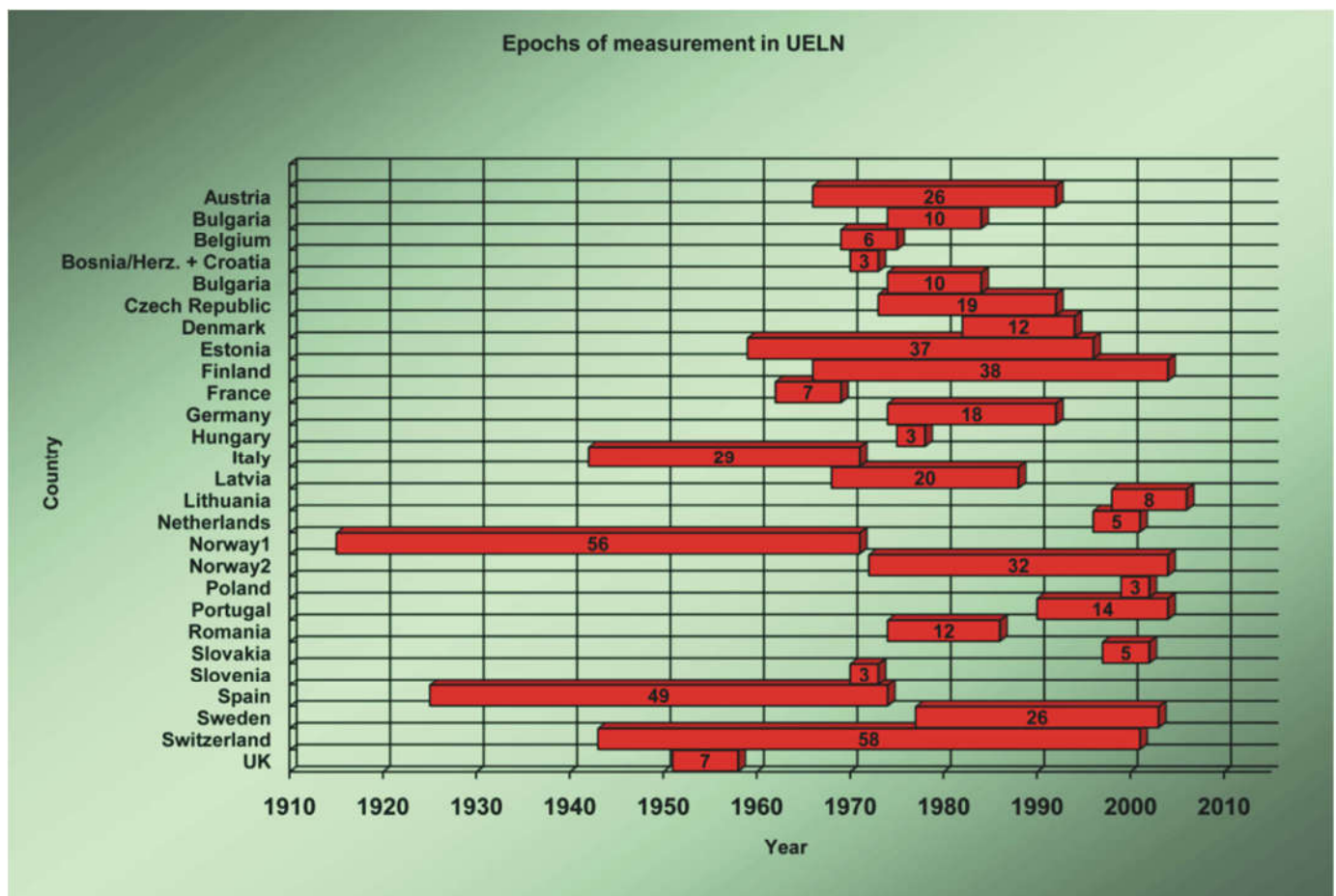
## EVRS – European Vertical Reference System

- Enotna evropska višinska mreža, ki sloni na:
  - UELN ("United European Levelling network").
  - UELN zahodne Evrope, 1954-1963; EPNN enotna natančna nivelmanska mreža vzhodne Evrope (izhodišče Kronstadt).
  - UELN v času med 1971 in 1986, EPPN 1976.
  - UELN od leta 1994, razširitev na vzhod; rezultat UELN 95/98. EUREF simpozij v Ankari, leta 1996:
    - zasnova Evropske geokinematične višinske referenčne mreže **EVRS**.

# EVRS – European Vertical Reference System

- Izhodišče NAP – "Normaal Amsterdam Peil".
- EUVN "European Unified Vertical Network" je mreža evropskih točk, katerih višine so določene z metodo GNNS. Vsaka točka mreže ima tudi geopotencialno koto, določeno z nivelmanskimi in gravimetričnimi meritvami.
- Namen projekta povezuje evropskih višinskih sistemov – priprava za EVRS.

## UELN obdobja meritev

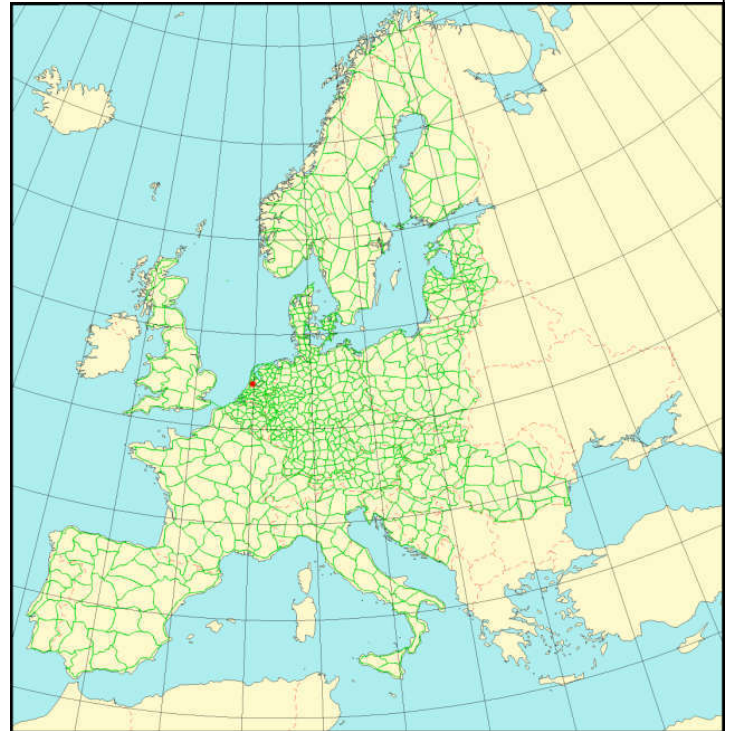




# UEN, stanje leta 2000

## Statistični kazalci izravnave iz leta 1995:

- št. danih točk 1,
- št. neznank 3653,
- število meritev 5127,
- nadštevilnost 1474,
- ref. stand. deviacija nivelirane višinske razlike na km: 1,13 kGal mm·mm,
- srednja vrednost stand. dev. izravnane geopotencialne kote 19,35 kGal·mm.



August 2000

# UEN odstopanja



October 2000

# NAP – "Normaal Amsterdam Peil"

<https://www.normaalamsterdamspeil.nl/en/>



M. Kuhar - O srednji morski gladini

## NAP nekoč



M. Kuhar - O srednji morski gladini



# NAP - zgodovina



Time	H. F.	A. F.	Dist.	Janet.	Thick. in Fathoms	Direction of Wind	By Wind
11	6	9					
12	7	9			44	W. S.W.	
13	4	9			44	W. S.W.	
14	4	9			44	W. S.W.	
15	6	9			43	W. S.W.	
16	3	9			43	W. S.W.	
17	6	9			44	W. S.W.	
18	15	10			45	W. S.W.	
19	19	16			44	W. S.W.	
20	24	20			44	W. S.W.	
21	28	24			44	W. S.W.	
22	10	20			43	W. S.W.	

Jan 6 January 1799

De Morgen is Dood tegen alle de overige Dood...  
 van den 6 de Maand 1799 met de overige...  
 van de Maand 1799 met de overige...  
 van de Maand 1799 met de overige...  
 van de Maand 1799 met de overige...

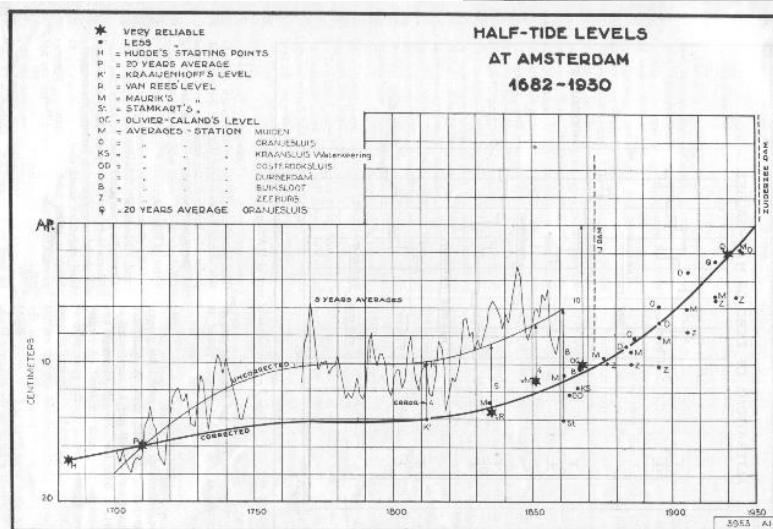
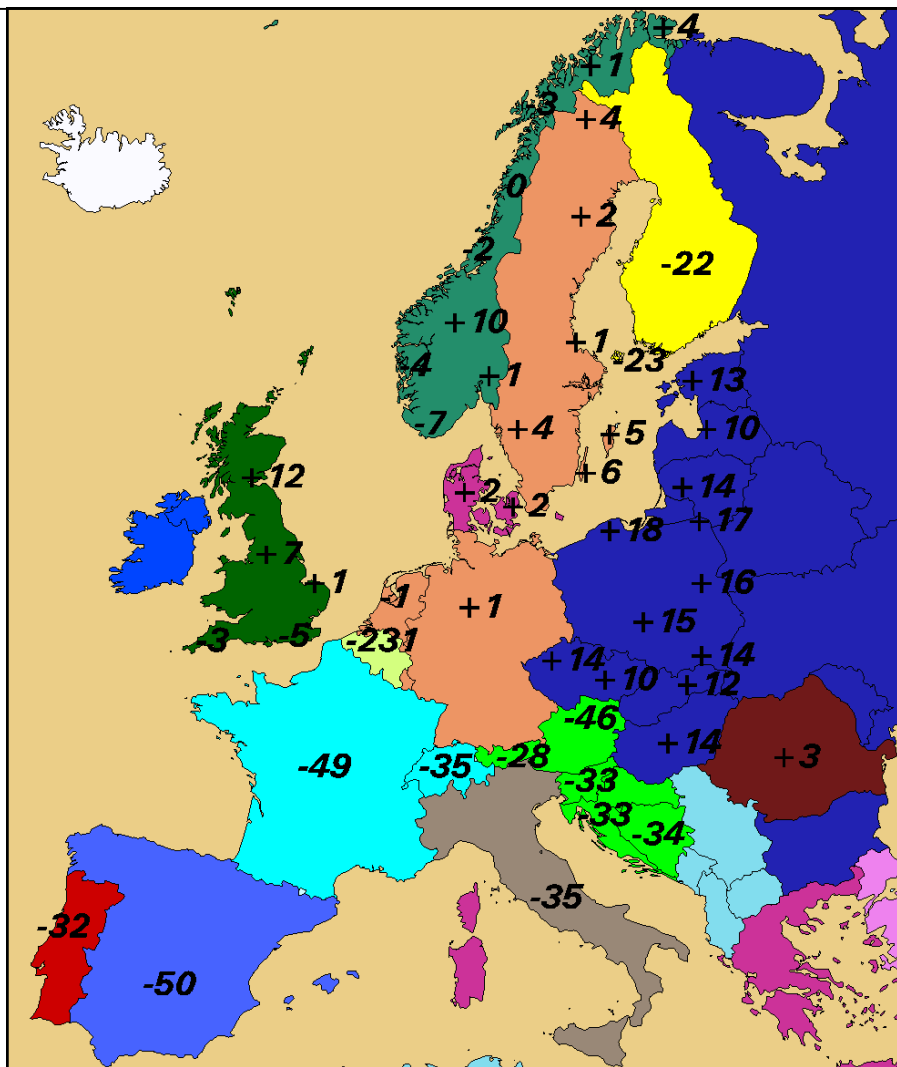


Fig. 1 — Half-tide levels at Amsterdam, 1682—1930.

M. Kuhar - O srednji morski

## Evropa – odstopanja od NAP



M. Kuhar - O srednji morski gladini

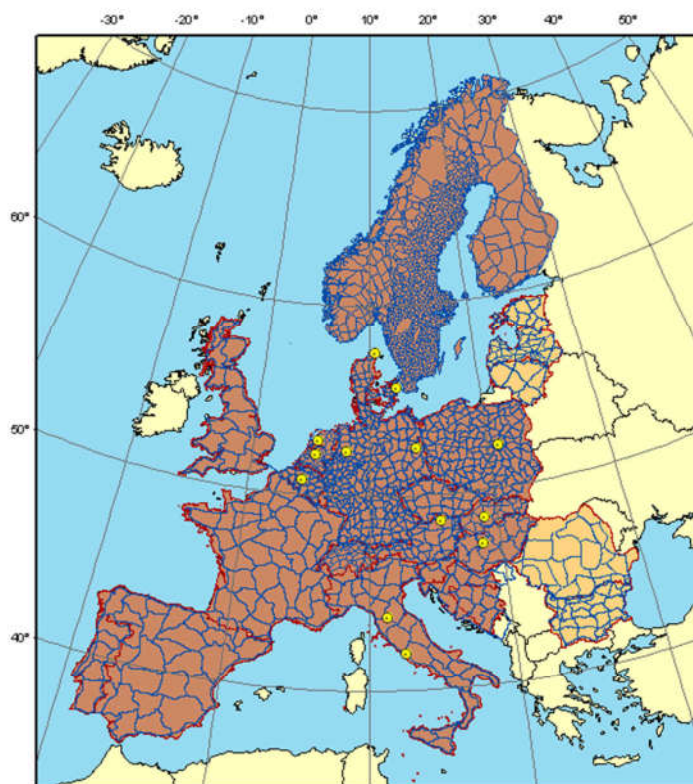


# EVRS in EVRF

- EVRS - European Vertical Reference System je kinematičen višinski referenčni sistem. Definiran je s parametri:
  - vertikalni datum je nivojska ploskev na nivoju NAP;
  - višine točk podane kot razlike težnostnega potenciala glede na NAP, ali v obliki normalnih višin;
  - v tem primeru  $\gamma$  se računa glede na GRS 80 po formuli Somigliane,  $\phi$  je podana v sistemu ETRS 89.
- EVRF2000 in EVRF2007 sta realizaciji EVRS.

## EVRF2007

- European Vertical Reference Frame 2007 je najnovejša realizacija EVRS. Predstavlja nadgradnjo sestava EVRF2000.
- Izračun leta 2008;
- 27 držav;
- 13 datumskih točk;
- 10 347 nivelm. linij;
- $\sigma_0 = 1,1 \text{ kGal}\cdot\text{mm}$ ;



Extension of UELN

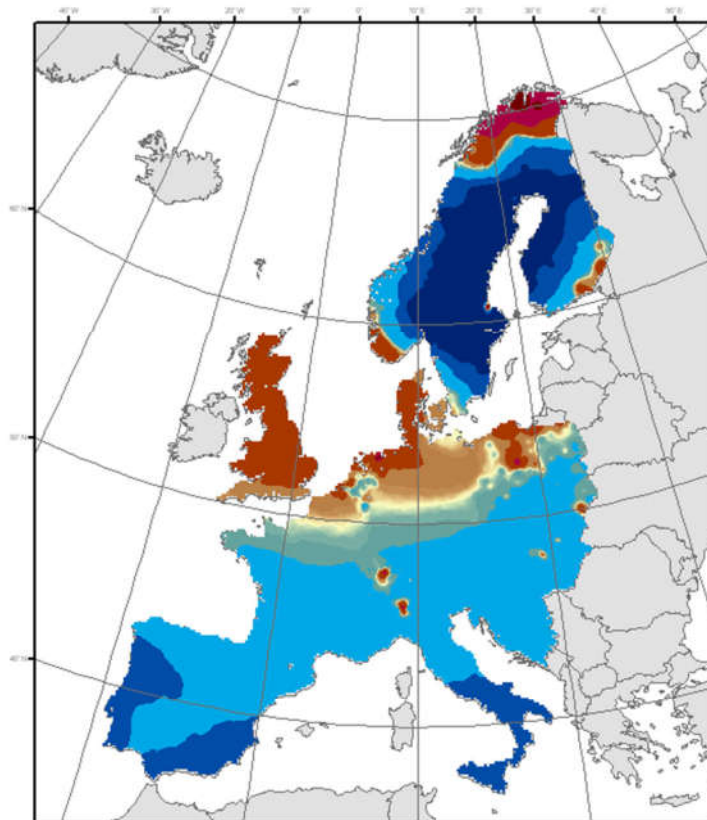
■ up to 1998

■ as from 2003

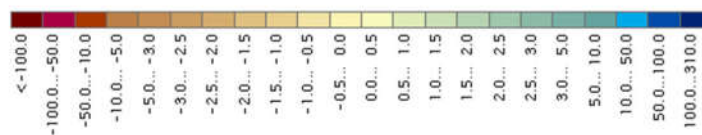
● Datum points of EVRF2007

— UELN lines

# Razlike EVRF2007 in EVRF2000



kgal · mm

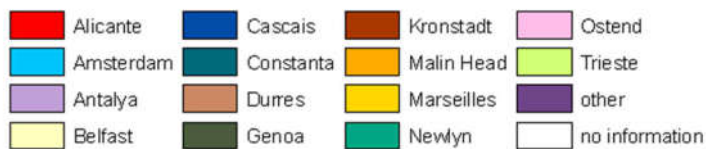


M. Kuhar - O srednji morski gladini



## Odstopanja od EVRF2007 v posameznih državah

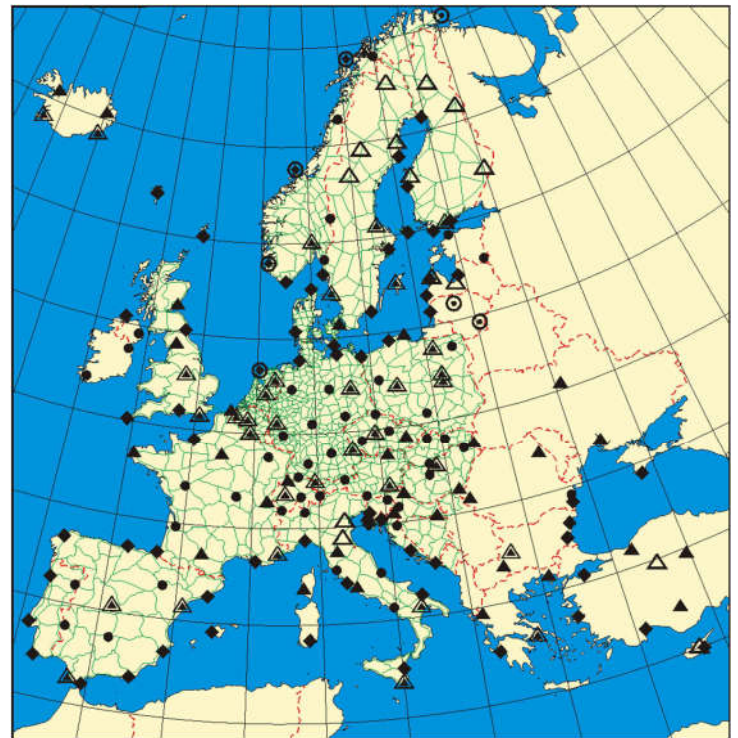
Reference tide gauges



# EUVN – European Vertical Reference Network



- ◆ EUVN tide gauge stations with data available at the PSMSL
- ◆ EUVN tide gauge stations without data at the PSMSL
- ◆ EUVN GPS site not identified as an EUVN tide gauge site although the PSMSL holds tide gauge data in the vicinity



- ▲ EUREF sites
- ▲ GPS permanent stations - EUREF
- △ GPS permanent stations
- UELN & UPLN nodal points
- ⊙ GPS permanent stations - nodal points
- ◆ Tide gauge sites
- ⊙ GPS permanent stations - tide gauge
- ∕ UELN lines

## Nivelmanske mreže v Sloveniji - višinski datum

- Za določitev nadmorskih višin točk je zelo pomembno, da je predhodno določena primerjalna ploskev, od katere računamo nadmorske višine točk.
- Višinski datum nivelmanske mreže lahko podamo s srednjim nivojem morja v določenem obdobju, ki je definiran kot ničelna nivojska ploskev.
- Višinski datum - fundamentalne višine, ki služijo kot izhodišče za izračun višin reperjev v državnih nivelmanskih mrežah.
- Priporočljivo je srednji nivo morja določiti v obdobju 18,6 let (precesijska perioda Luninih vozlov).



# Višinski datumi nivelmanskih mrež v Sloveniji

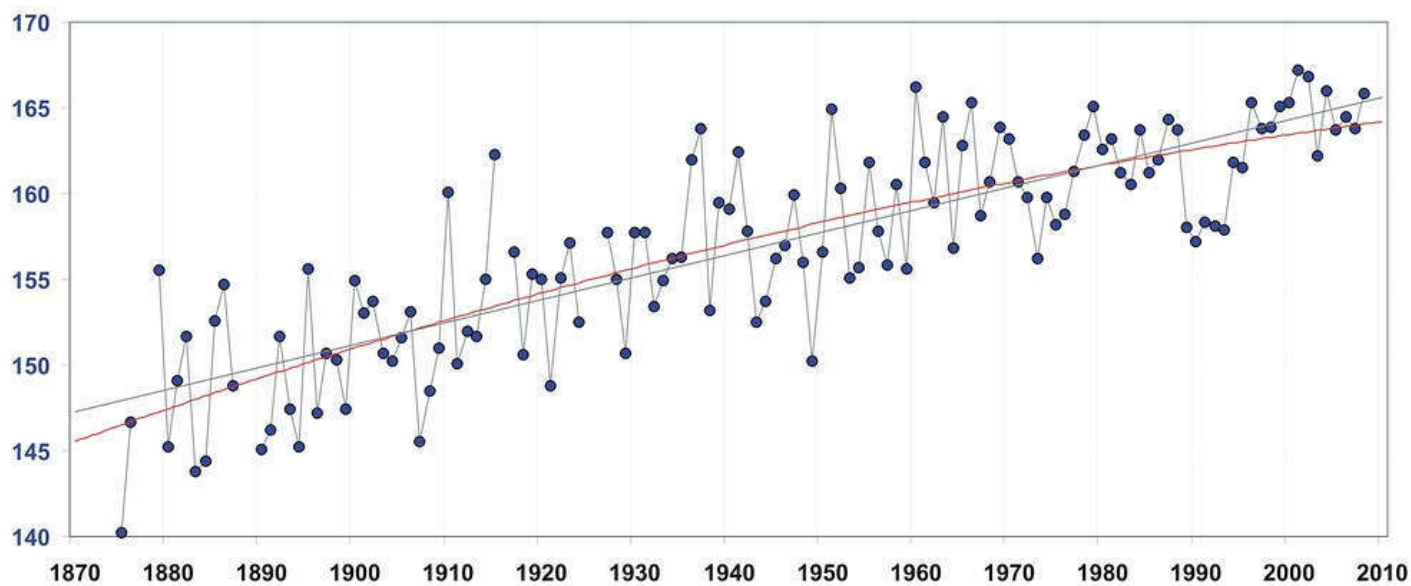
- Višinske mreže na območju Slovenije, višine določene glede na štiri višinske datume:
  - Trst 1875,
  - Bakar 1933 (1930 - 1938),
  - Maglaj 3.07.1971 (1962,2 - 1980,8),
  - [ NAP - UELN95 (1995) ]
  - Koper 10. 10. 2010 (21. 05. 1997 - 31. 12. 2015)

## Višinski datum Trst

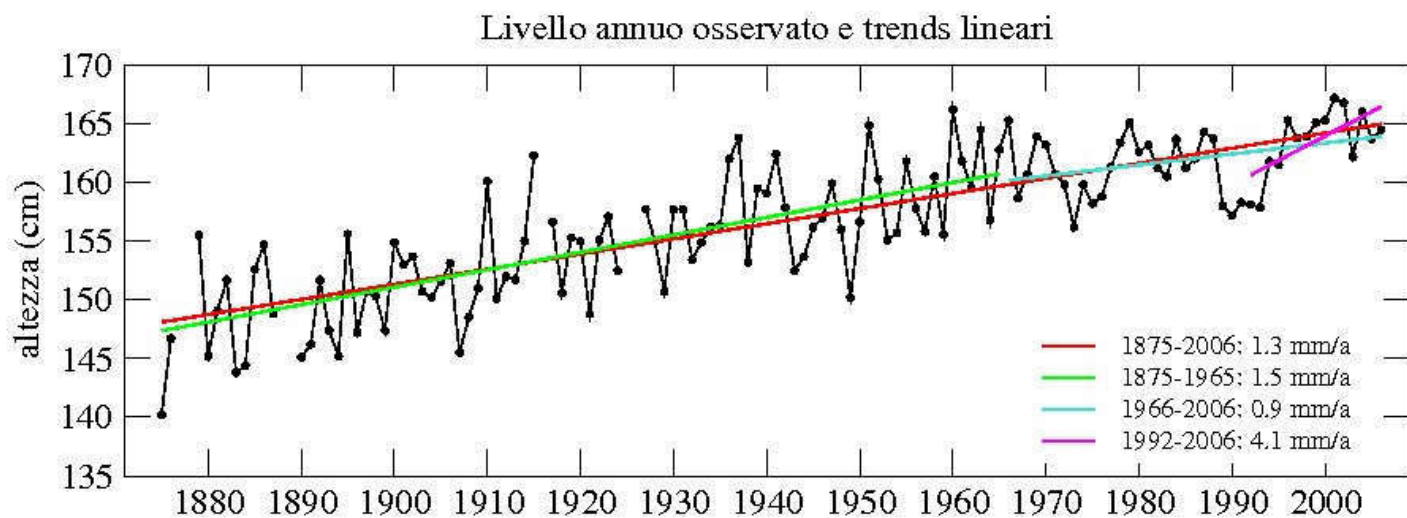
- Višinski datum: normalni reper na pomolu Sartorio, Trst.
- Prva določitev leta 1875, žal na osnovi samo enoletnih opazovanj.
- Lega primerjalne ploskve (višinskega datuma) avstro-ogrske nivelmanske mreže nižja od uradne od 6,056 cm do 18,5 cm (s problemom se je ukvarjalo več avtorjev).



# Sprememba srednje morske gladine v Trstu

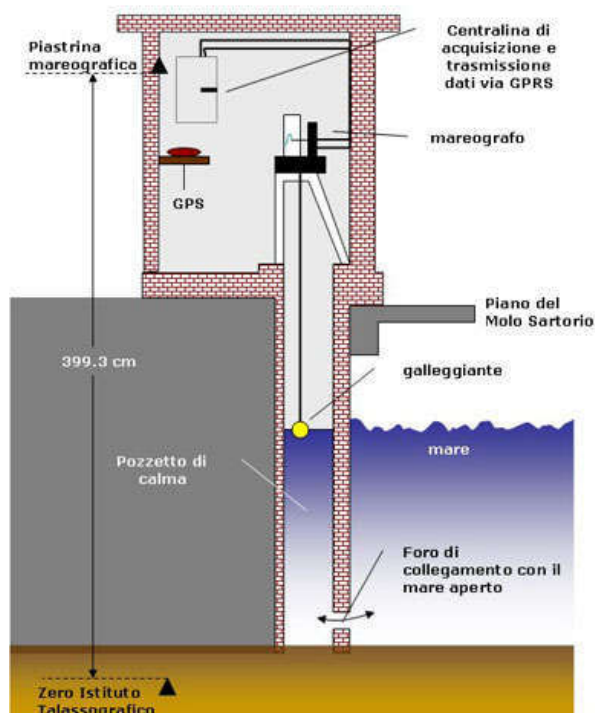


# Mareograf Trst - srednja m. gladina (trend)



# Mareograf na pomolu Sartorio danes

Sezione della cabina mareografica presso il Molo Sartorio



M. Kuhar - O srednji morski gladini

45

## Zgodovina višinskih mrež na območju Slovenije

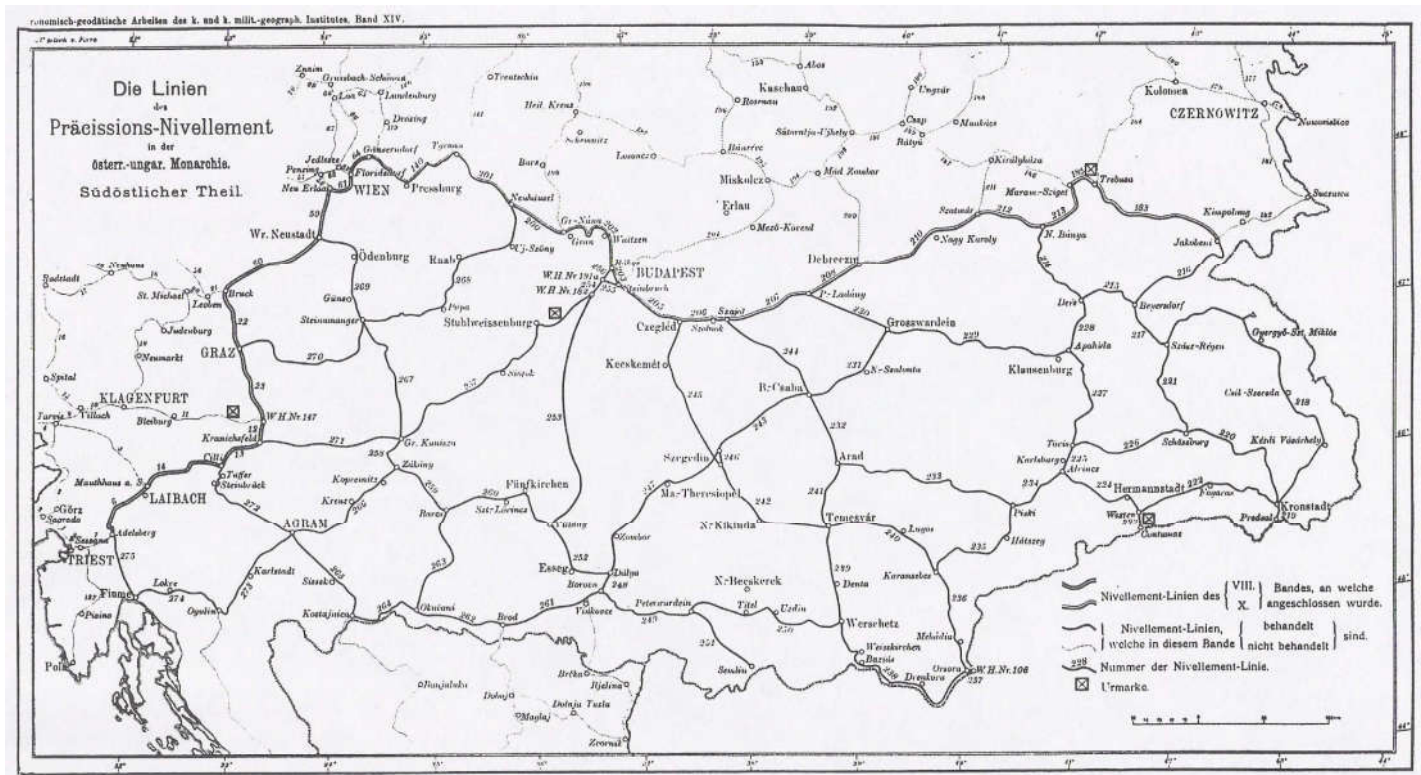
- Izmere nivelmanskih mrež oziroma nivelmanskih vlakov višjih redov na območju Republike Slovenije lahko časovno razdelimo v štiri skupine:
  - I. 1873-1895: avstro-ogrski nivelman, ki ga je izvedel Vojaškogeografski inštitut z Dunaja. Na območju Republike Slovenije je bilo stabiliziranih in izmerjenih 734 km nivelmanskih linij.
  - II. 1946-1957: Prvi nivelman velike natančnosti SFRJ (I. NVN), pri katerem so sodelovali Zvezna geodetska uprava, Vojaškogeografski inštitut in Geodetska uprava Republike Slovenije. Na območju Slovenije je bilo stabiliziranih in izmerjenih 1084 km nivelmanskih vlakov. Nivelmanske meritve niso izravnane, temveč so samo vklopljene v stari avstrijske meritve. Višine so naslonjene na stari avstro-ogrski vertikalni datum.

M. Kuhar - O srednji morski gladini

46

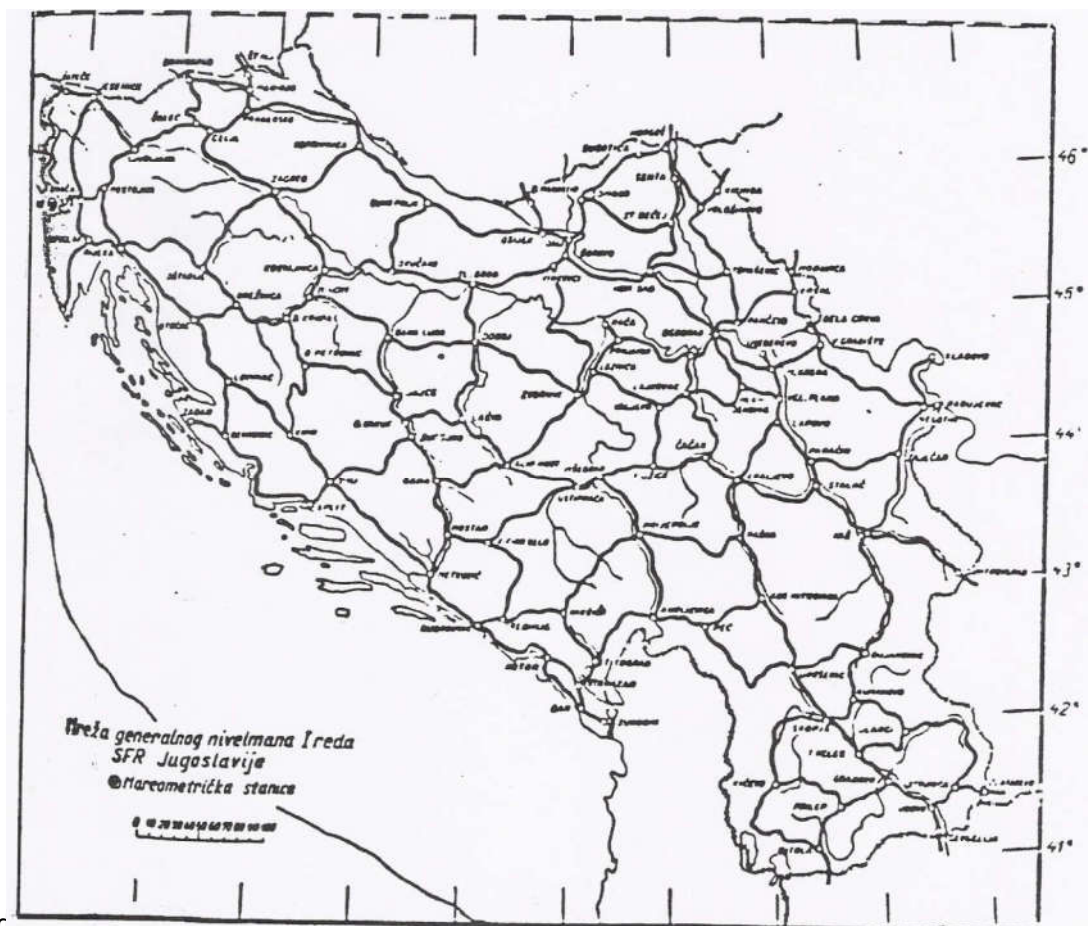


# Avstro-ogrski nivelman



M. Kuhar - O srednji morski gladini

# I. NVN (1946-1957)



M. Kuhar - O srec

- III. 1970-1972: drugi nivelman velike natančnosti SFRJ (II. NVN), ki ga je izmeril Vojaškogeografski inštitut iz Beograda. V mrežo II. NVN je bilo vključenih 27 nivelmanskih zank skupne dolžine 9824 km. Na območju Slovenije so bili stabilizirani in izmerjeni nivelmanski vlaki II. NVN v dolžini 688 km. V času izmere II. NVN so bili nivelirani tudi nivelmanski vlaki nekaterih mejnih odsekov z Italijo, Avstrijo in Madžarsko. Nivelirane so bile tudi mikromreže fundamentalnih reperjev in mikromreže na mejnih prehodih (Fernetiči, Korensko sedlo, Redič). Meritve II. NVN-a so izravnane in navezane na novo stabilizirani normalni reper.
- IV. Niveliranje posameznih nivelmanskih vlakov višjih redov po letu 1971 oziroma po izmeri II. NVN. V letih od 1978 do 1987 so bili nivelirani posamezni odseki nivelmanskih vlakov II. NVN, ki so služili povezavi nivelmanskih mrež z sosednjimi državami. Tako so bile navezani nivelmanske mreže Slovenije in Madžarske v Rediču in z Avstrijo na mejnih prehodih Dravograd Vič, Šentilj in Gornja Radgona. Poleg tega je bilo niveliranih 403 km nivelmanskih vlakov 1. reda. Leta 1995, 1996 in 1997, so bili nivelirani nivelmanski vlaki, ki povezujejo mejne prehode z Avstrijo in sicer: Ljubelj, Jezersko, Holmec, Radlje in Trate (dolžina nivelmanskih vlakov je 65 km).

## II. NVN (1971)



## Preračun višin leta 2000

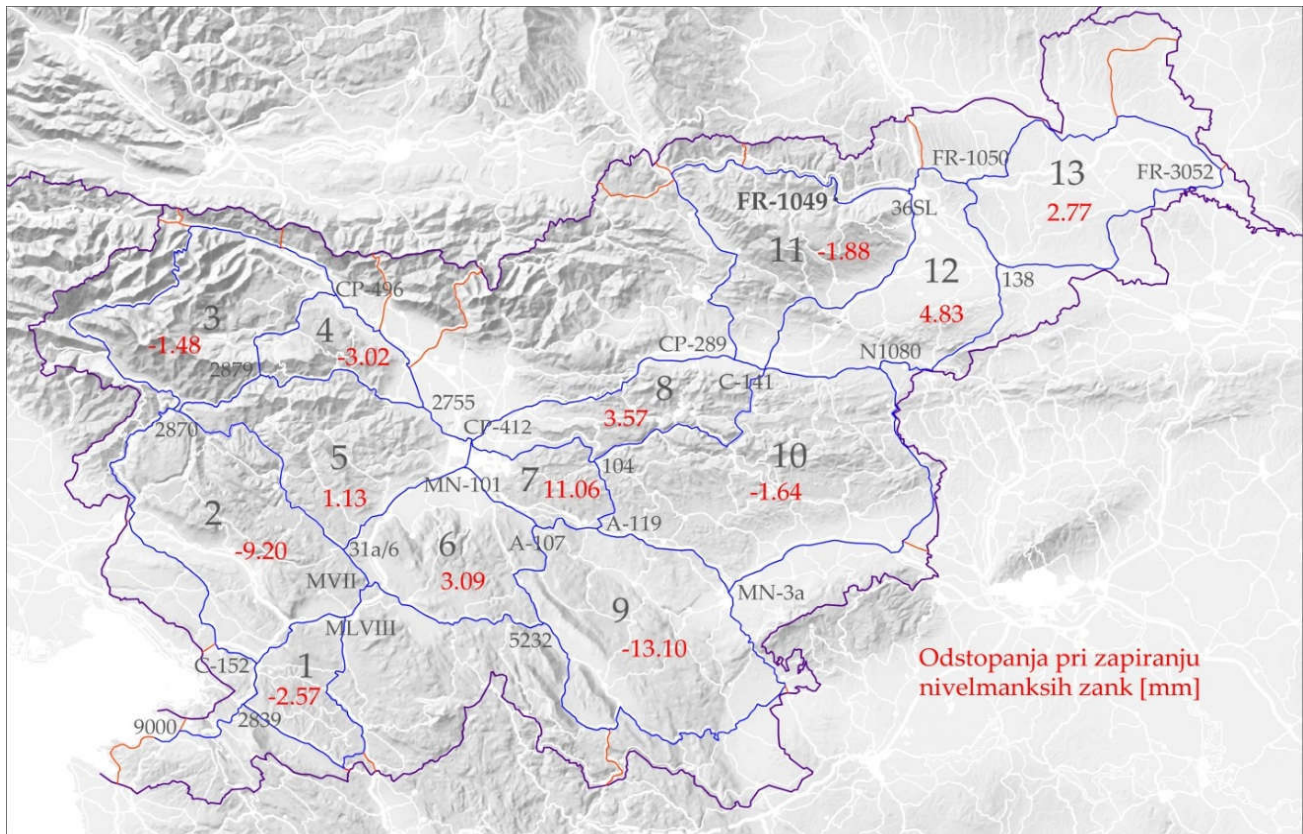
- Pred preračunom nivelmanskih mrež leta 2000 v Slovenski višinski sistem 2000 (SVS2000) v višinskem datumu Trst 1875, so bile višine na območju Kopra in dela Primorske, določene v višinskem datumu Bakar.
- V višinskem datumu Maglaj so bile izračunane višine reperjev v II. nivelmanski mreži velike natančnosti, ki niso bile nikoli uradne nadmorske višine na območju Slovenije, saj se je Slovenija osamosvojila.

## Slovenski višinski sistem 2010 - SVS2010 (datum Koper)

- SVS2010 so uvedli v prakso decembra leta 2018.
- Nova nivelmanska mreže 1. reda je sestavljena iz 13 nivelmanskih zank, ki so vse zaključene na območju Slovenije. Skupna dolžina nivelmanskih poligonov znaša približno 1800 km, sestavlja pa jo več kot 2000 reperjev. Pri novi izmeri nivelmanske mreže 1. reda je bila sočasno izvedena nivelmanska in gravimetrična izmera, kar je omogočilo izravnavo meritev v sistemu geopotencialnih kot.
- Po izravnavi so bile izračunane normalne višine vseh reperjev, vključenih v mrežo.



# Nivelmanska mreža 1. reda



## SVS2010/Koper

- Tako sanirana mreža 1. reda je ogrodje za preračun vseh ostalih reperjev (nivelmanske mreže nižjih redov) v novi višinski sistem.
- Razlika med novim višinskim datumom Koper in starim višinskim datumom Trst, merjena na vodomerni lati v Kopru, znaša 15,5 cm. Vendar pa višinske razlike med SVS2010 in SVS2000 na območju Slovenije iz različnih razlogov niso konstantne.

# Normalni reper št. 394 (FR 1049)

- Izhodiščni reper v Rušah.



M. K



55

## Izravnava meritev v mreži 1. reda

- Izravnava opravljena v sistemu:
  - merjenih višinskih razlik,
  - geopotencialnih razlik,
  - normalnih-ortometričnih višin,
  - normalnih višin.

- Rezultati izravnave

Ocena natančnosti	Merjene [mm]	Višinski sistem			
		Normalne ortometr. [mm]	Normalne [mm]	Geopotencialne kote	
				[kGalmm]	[mm]
zapiranje zank	0,70	0,62	0,31	0,31	0,31
$\hat{\sigma}_0$	0,69	0,53	0,34	0,33	0,34
$\sigma_H$	2,53 – 8,21	1,9 – 6,3	1,2 – 4,0	1,2 – 3,7	1,2 – 3,8